



ORIGINAL

## Experiencia inicial en localización mamaria y axilar con semilla ferromagnética en la cirugía del cáncer de mama

María Jezabel Fernández Carrión<sup>a,\*</sup>, Laura Jiménez Díaz<sup>a</sup>, David Ortiz López<sup>a</sup>, Desireé Armas Ojeda<sup>a</sup>, Laura Alonso-Lamberti Rizo<sup>a</sup>, Magali García Suárez<sup>b</sup>, Manuela Elvira Merola<sup>b</sup> y Joaquín Marchena Gómez<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Cirugía General y del Aparato Digestivo, Sección Patología Mamaria, Hospital Universitario de Gran Canaria Doctor Negrín, Las Palmas de Gran Canaria, España

<sup>b</sup> Servicio de Radiología, Sección Patología Mamaria, Hospital Universitario de Gran Canaria Doctor Negrín, Las Palmas de Gran Canaria, España

Recibido el 1 de diciembre de 2024; aceptado el 5 de septiembre de 2025

Disponible en Internet el 7 de octubre de 2025



### PALABRAS CLAVE

Magseed®;  
Semilla  
ferromagnética;  
Marcador magnético;  
Cirugía de cáncer de  
mama;  
Localización de  
tumores mamarios;  
Localización de  
ganglios axilares

### Resumen

**Introducción:** Actualmente existen métodos de localización con ventajas frente al arpón. Nuestro objetivo fue analizar la precisión y seguridad de la semilla ferromagnética Magseed® para la localización de tumores no palpables y adenopatías axilares en pacientes con cáncer de mama en nuestro centro.

**Métodos:** Estudio observacional y retrospectivo, desde marzo de 2021 hasta julio de 2022, que incluyó a las pacientes intervenidas por cáncer de mama en nuestra institución en las que se utilizó el sistema SentiMag-Magseed® (Endomag Ltd.) para la localización de tumores no palpables y adenopatías axilares marcadas con clip.

**Resultados:** Se utilizó Magseed® en 111 pacientes, implantándose en la mama en 88 de ellas (79,3%), en la axila en 16 (14,4%) y en la mama y la axila en 7 (6,3%). Se extirparon en todos los casos los tumores, los ganglios marcados y las semillas. En 2 pacientes (2%) hubo que localizar el tumor con arpón (tasa de identificación [TI]: 98%). En otro caso, se produjo un fallo en la implantación de la semilla en el tumor (1%). En la axila, en 2 casos (7%) la semilla estaba en la grasa periganglionar. La TI de ganglios fue del 100%. Diez pacientes (11%), tuvieron afectación de márgenes, 8 pacientes (8%) tuvieron complicaciones sin relación con el uso de la semilla. La mortalidad operatoria fue del 0% y no hubo recidivas.

**Conclusiones:** El uso de la semilla Magseed® para la localización de tumores no palpables y adenopatías axilares es un método seguro, fiable y reproducible. Se precisan estudios para valorar sus resultados a largo plazo.

© 2025 SESPM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Se reservan todos los derechos, incluidos los de minería de texto y datos, entrenamiento de IA y tecnologías similares.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [mfercar@gobiernodecanarias.org](mailto:mfercar@gobiernodecanarias.org) (M.J. Fernández Carrión).

**KEYWORDS**

Magseed®;  
Magnetic seed;  
Magnetic marker;  
Breast cancer surgery;  
Breast tumor  
localisation;  
Axillary localisation

**Initial experience in breast and axillary localization with ferromagnetic seed in breast cancer surgery****Abstract**

**Introduction:** Currently, there are localization methods with advantages over the wires. Our objective was to analyze the accuracy and safety of the Magseed® ferromagnetic seed for the localization of non-palpable tumors and axillary lymph nodes in breast cancer patients at our center.

**Methods:** A retrospective observational study from March 2021 to July 2022, which included patients who underwent breast cancer surgery at our institution in whom the SentiMag-Magseed® system (Endomag Ltd.) was used for localization of non-palpable tumors and clip-marked axillary lymph nodes.

**Results:** Magseed® was used in 111 patients, implanted in the breast in 88 (79.3%), in the axilla in 16 (14.4%), and in both breast and axilla in 7 (6.3%). Tumors, marked lymph nodes, and seeds were successfully excised in all cases. In 2 patients (2%), tumor localization required wire (identification rate (IR): 98%). In one case, there was a failure to implant the seed in the tumor (1%). In the axilla, in 2 cases (7%) the seed was in the periganglionic fat. The lymph node IR was 100%. Ten patients (11%) had positive margins. Eight patients (8%) experienced complications unrelated to seed use. There was no operative mortality and no recurrences.

**Conclusions:** The use of the Magseed® seed for the localization of non-palpable tumors and axillary lymph nodes is a safe, reliable, and reproducible method. Studies are needed to assess its long-term results.

© 2025 SESPM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

## Introducción

Para la exéresis quirúrgica de lesiones no palpables en la mama es necesario realizar el marcaje del tumor. También se precisa para la disección axilar dirigida (TAD en inglés: *Targeted Axillary Dissection*), que combina la biopsia selectiva del ganglio centinela (BSGC) con trazadores y la biopsia del ganglio afecto antes de la neoadjuvancia, para lo cual se utiliza un método de localización<sup>1,2</sup>. Su indicación principal es la estadificación axilar tras terapia sistémica primaria de pacientes con cáncer de mama con ganglios axilares positivos, con respuesta a la misma.

Tradicionalmente, la forma de localizar estas lesiones no palpables y los ganglios axilares ha sido mediante arpones<sup>2-5</sup>; sin embargo, este método presenta varios inconvenientes, principalmente, el riesgo de movilización y la dependencia de radiología. Actualmente, existen otros métodos de localización como semillas radiactivas<sup>6,7</sup>, inyección de radiotrazador (técnica ROLL<sup>8</sup> y, la más novedosa, A-ROLL)<sup>9,10</sup>, la ecografía intraoperatoria<sup>11,12</sup>, tatuaje con tinta de carbón<sup>13-15</sup>, sistema SAVI-SCOUT<sup>®16,17</sup>, etc., todos con sus ventajas y sus inconvenientes.

También, recientemente se ha introducido como localizador la semilla ferromagnética (sistema SentiMag-Magseed<sup>®</sup>)<sup>18-20</sup>. Se trata de un sistema compuesto por un localizador-semilla de acero inoxidable (Magseed<sup>®</sup>) que se introduce de forma radioguizada dentro del tumor o ganglio linfático y se detecta intraoperatoriamente mediante un sistema de detección con una sonda que genera un campo magnético, permitiendo su localización y la extirpación precisa del tejido que la contiene. Se han publicado estudios sobre este método de localización en la mama y en ganglios

linfáticos axilares, pero no hay muchos estudios relacionados con la viabilidad de la técnica y sus resultados en nuestro país, y ninguno que analice su experiencia conjunta en localización mamaria y axilar<sup>21-24</sup>.

El objetivo de este estudio fue analizar la precisión y seguridad de la semilla ferromagnética Magseed<sup>®</sup> para la localización de tumores no palpables y adenopatías axilares en pacientes con cáncer de mama intervenidas en nuestro centro.

## Método

Estudio observacional retrospectivo, en el que se incluyeron todas las pacientes intervenidas por cáncer de mama en nuestra institución entre marzo de 2021 y julio de 2022, en las cuales se utilizó el sistema SentiMag<sup>®</sup>-Magseed<sup>®</sup> (Sysmex-Endomag Ltd.) para la localización de tumores no palpables mamarios y de adenopatías axilares. Se excluyeron aquellas pacientes portadoras de dispositivos cardíacos electrónicos implantables, con stents metálicos coronarios o prótesis valvulares mecánicas, y con alergias que impedían la implantación de la semilla ferromagnética.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación Clínica del Hospital Universitario de Gran Canaria Dr. Negrín (código 2020-333-1).

Las indicaciones para la utilización de la semilla ferromagnética fueron: localización preoperatoria y operatoria de tumores malignos mamarios no palpables uni- o multifocales/multicéntricos, susceptibles de ser extirpados mediante cirugía conservadora, antes y después de terapia sistémica (fig. 1) y la localización preoperatoria y operatoria para la exéresis dirigida de adenopatías axilares



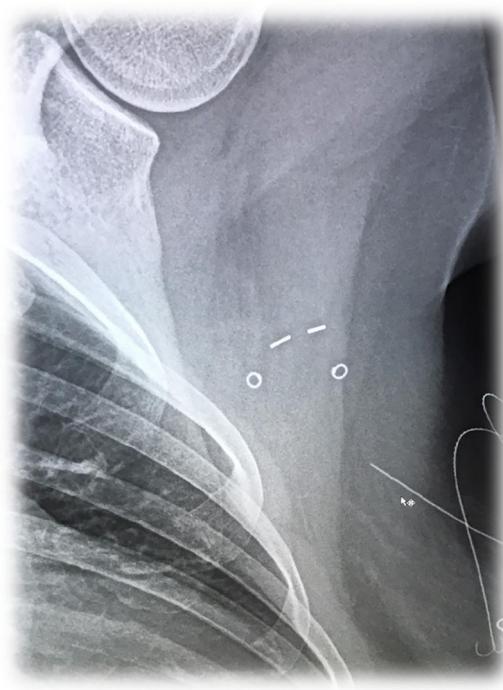
**Figura 1 Localización mamaria con semilla ferromagnética.** Mamografía donde se aprecian 2 clips circulares que marcaban la lesión antes de la terapia sistémica y una semilla ferromagnética colocada en el centro de la lesión residual a extirpar y entre los 2 clips.

metastásicas, marcadas antes de la terapia sistémica primaria con clips metálicos (**fig. 2**).

Se marcó con clips de nitinol (UltraCor® Twirl® de BD-BARD, y en algunos casos, para la axila, Tumark Vision de Somatex® - LELEMAN) antes de la terapia sistémica las lesiones mamarias si la paciente era candidata a cirugía conservadora y en los casos con enfermedad axilar limitada (máximo 3 ganglios axilares metastásicos confirmados por histología, N1), marcando el ganglio más caudal y el más craneal al inicio del estudio y posteriormente, solo el ganglio afecto dominante más caudal<sup>[21-23]</sup>.

La semilla ferromagnética Magseed® es una semilla de acero inoxidable y, minoritariamente, de níquel, de 5 × 1 mm, que se coloca dentro del tumor o en el ganglio mediante una aguja de 18 G precargada con la semilla. La técnica consiste en la colocación de la semilla antes de la cirugía por radiología, de forma ecoguiada o mediante estereotaxia. En nuestras pacientes se implantó el mismo día o el día anterior a la cirugía.

La semilla se localizaba intraoperatoriamente mediante el sistema de detección SentiMag®. Este sistema dispone de una sonda que genera un campo magnético más potente

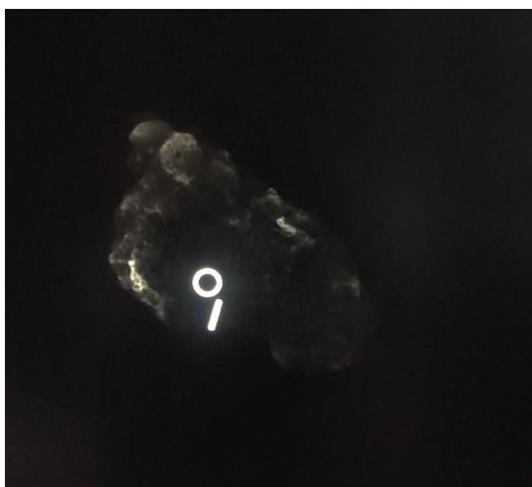


**Figura 2 Localización axilar con semilla.** Radiografía de tórax, donde se evidencian 2 ganglios axilares marcados por sendos clips antes de la terapia sistémica y ahora, por sendas semillas magnéticas antes de la cirugía.

conforme se acerca a la semilla, traduciéndose en un recuento mayor en la pantalla del dispositivo. Este recuento permite calcular la distancia a la que se encuentra la semilla de la sonda, facilitando la exérésis de las lesiones no palpables y adenopatías, de forma precisa y con margen (**fig. 3**). Se realizó comprobación radiológica mediante mamografía y ecografía, tanto de las adenopatías (**fig. 4**)



**Figura 3 Sistema de detección SentiMag®-Magseed®.** Sistema de detección SentiMag®, dispositivo con pantalla y sonda de detección y semilla ferromagnética Magseed®.

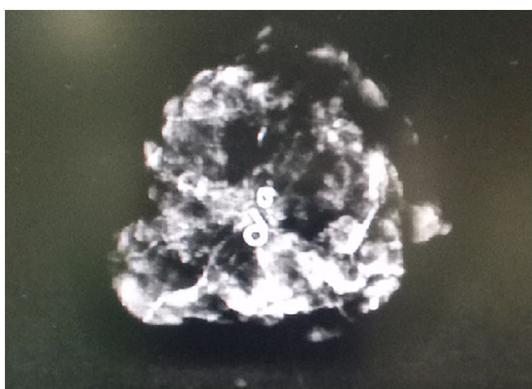


**Figura 4 Mamografía de adenopatía marcada con clip y semilla.** Mamografía de pieza de exéresis de adenopatía axilar marcada con clip y con la semilla.

como de las piezas de tumorectomía (fig. 5). Se realizó el análisis intraoperatorio histológico macroscópico de la tumorectomía para corroborar márgenes libres, cuando la paciente no había recibido terapia sistémica primaria.

En la axila, tras la terapia sistémica primaria, se realizó TAD guiada por Magseed® si había habido respuesta completa del ganglio marcado. En caso contrario, se realizó biopsia escisional de los ganglios marcados (BE) con clips, guiada por Magseed®, asociada a la linfadenectomía axilar (LA). Ante dudas sobre la respuesta completa, se realizaba previamente una PAAF o BAG confirmatoria antes de la intervención.

Las variables analizadas fueron: edad, localización tumoral, tipo tumoral, tamaño tumoral, TNM, uso de terapia sistémica preoperatoria, cirugía realizada, dificultades perioperatorias en la implantación o localización, tasa de identificación/localización, reintervenciones por márgenes afectos, complicaciones posoperatorias según la clasificación de Clavien-Dindo<sup>25</sup>, recidivas y supervivencia.



**Figura 5 Mamografía de pieza de tumorectomía guiada por semilla.** Mamografía de pieza quirúrgica de tumorectomía de la lesión de la figura 1, se aprecia la lesión centrada en la pieza, marcada por los 2 clips y la semilla.

Se realizó un análisis descriptivo. Para las variables cualitativas se utilizó la frecuencia y porcentaje. Para las variables numéricas la media ( $\pm$ desviación estándar) o mediana (rango intercuartil) según siguieran o no una distribución normal.

## Resultados

Durante el periodo de estudio, se utilizó la semilla ferromagnética en 111 pacientes. Se implantó en la mama en 88 pacientes (79,3%), en la axila en 16 (14,4%) y en 7 (6,3%) en la mama y en la axila (tabla 1).

La edad media fue de 59 años (DE  $\pm$ 11). El tamaño medio del tumor mamario en la histología definitiva de la pieza quirúrgica fue de 16 mm (DE  $\pm$ 11) y la media de ganglios extirpados con TAD fue de 3. Treinta y siete pacientes (33%) habían recibido neoadyuvancia. El subtipo tumoral más frecuente fue Luminal B HER2 negativo (68 pacientes [61%]).

Con respecto a la cirugía realizada, en 95 pacientes (86%) se realizó una tumorectomía guiada por Magseed®. La tumorectomía se realizó asociada a BSGC en 76 pacientes (80%), a linfadenectomía axilar (LA) en 12 (13%), a LA con biopsia escisional de ganglio marcado (BE) con Magseed® en 3 (3%) y a TAD con Magseed® en 4 pacientes (4%).

En las pacientes con únicamente localización axilar con semilla la cirugía axilar correspondió a TAD-Magseed® en 8 casos (50%), a BE-Magseed® + LA en 7 casos (44%) y a BE-Magseed® + BSGC en un caso (6%). Esta última paciente presentaba una adenopatía sospechosa con punción negativa, que fue extirpada mediante marcaje con semilla asociada a BSGC.

En 6 pacientes con tumores multifocales o multicéntricos (6%) se realizó tumorectomía guiada por varias semillas, y en otras 4 pacientes (17%) se colocaron 2 semillas en la axila para la exéresis dirigida de varios ganglios marcados (27 semillas axilares).

En todos los casos se pudo localizar la lesión y los ganglios marcados y extirparlos, aunque en 2 pacientes (2%) hubo que colocar un arpón en el tumor marcado con la semilla porque esta no se detectaba de forma fiable. Por lo tanto, la tasa de localización/identificación (TI) de tumores no palpables con semilla fue del 98%. En otro caso, se produjo un depósito prematuro de la semilla durante la manipulación del sistema de implantación antes de colocarla en el tumor, y se tuvo que colocar otra semilla en la lesión, siendo extirpadas tanto la lesión marcada como la primera semilla, sin incidencias, siendo la tasa de fallo en la implantación menor del 1%.

Con respecto a la axila, en un caso (4%), al realizar la mamografía del ganglio solo se evidenció la semilla magnética, encontrando el clip en la gasa con la que se había llevado la pieza a radiología. En este caso y en otro más (7%), la semilla estaba en la grasa axilar periganglionar. La tasa de localización de ganglios linfáticos con semilla ferromagnética fue del 100%. Todas las semillas fueron recuperadas, tanto en la mama como en la axila.

En 10 pacientes (11%), el margen de resección de la tumorectomía se consideró afecto y se realizó en 6 (7%) retumorectomía y en 4 (4%) mastectomía.

Sobre las complicaciones posoperatorias, 3 pacientes (3%) tuvieron una complicación Clavien-Dindo III y requirieron reintervención: una paciente anticoagulada presentó una

**Tabla 1** Resultados de las principales variables a estudio en localización mamaria y axilar con semilla ferromagnética en la cirugía del cáncer de mama

	Pacientes (n)	Porcentaje (%)
<b>Datos demográficos y tumorales</b>		
Edad media (años)	59	DE ± 11
Tamaño medio del tumor (mm)	16	DE ± 11
Neoadyuvancia	37	33
<b>Localización y recuperación de tumores y ganglios</b>		
Tasa identificación tumores no palpables	—	98
Tasa de fallo en la implantación	—	< 1
Tasa identificación ganglios linfáticos	—	100
Porcentaje de recuperación de semillas	—	100
<b>Procedimientos quirúrgicos</b>		
<i>Tumorectomía guiada por Magseed®</i>	95	86
Asociada a BSGC	76	80
Asociada a LA	12	13
Asociada BE + LA	3	3
Asociada a TAD	4	4
<i>Solo localización axilar con Magseed®</i>		
TAD	8	50
BE + LA	7	44
BE + BSGC	1	6
<b>Procedimientos especiales</b>		
Tumorectomía con varias semillas	6	6
Dos semillas en la axila	4	17
<b>Márgenes de resección y recurrencia</b>		
<i>Márgenes afectos</i>	10	11
– Retumorectomía	6	7
– Mastectomía	4	4
<i>Mortalidad operatoria</i>	—	0
<i>Recurrencias</i>	—	0
<b>Complicaciones posoperatorias</b>		
<i>Complicaciones Clavien-Dindo III</i>	3	3
Sangrado	1	
Dehiscencia de heridas y necrosis CAPs <sup>1</sup>	1	
Extrusión de expansor	1	
<i>Complicaciones Clavien-Dindo I</i>	5	5
Seroma persistente	2	2
Hematoma	3	3

BSGC: biopsia selectiva del ganglio centinela; CAPs<sup>1</sup>: complejos areola-pezón; LA: linfadenectomía axilar; BE: biopsia escisional de ganglio marcado; TAD: disección axilar dirigida (Targeted Axillary Dissection).

hemorragia en el posoperatorio inmediato, otra paciente a la que se le realizó oncoplastia y simetrización presentó dehiscencia de las heridas y necrosis de ambos complejos aréola-pezón, y una tercera paciente a la que se le realizó mastectomía con colocación de expansor submuscular, tuvo la extrusión del expansor. Otras 5 pacientes (5%), tuvieron complicaciones leves (Clavien-Dindo I): 2 pacientes (2%) tuvieron un seroma persistente en la mama y otras 3 (3%), tuvieron un hematoma que se trató de forma conservadora.

La mortalidad operatoria fue del 0%. No ha habido recidivas, si bien el tiempo de seguimiento ha sido corto.

## Discusión

No hay muchos estudios publicados que analicen la utilidad de la semilla ferromagnética en la cirugía mamaria y axilar en el cáncer de mama de forma conjunta<sup>26-28</sup>. De los 3

disponibles, 2 son multicéntricos<sup>26,27</sup>: uno con 39 pacientes<sup>26</sup> que se enfoca exclusivamente en lesiones malignas, y el otro, con 100 pacientes, incluyó 82 con lesiones malignas<sup>27</sup>. El tercer estudio, unicéntrico<sup>28</sup>, incluyó 673 pacientes, con un 60 y 65% de lesiones mamarias malignas y adenopatías axilares metastásicas, respectivamente.

Entre los métodos de localización mamaria, el arpón, aunque fue el primero, tiene desventajas, como la posible movilización, dependencia de radiología y menor aprovechamiento del quirófano. Las semillas radiactivas<sup>7</sup> son eficientes, pero requieren un estricto protocolo regulatorio, además de una compleja coordinación entre los servicios implicados (medicina nuclear, radiología, ginecología-cirugía, etc.) y de una estricta ventana temporal de colocación prequirúrgica.

La técnica ROLL-SNOLL<sup>8</sup>, descrita en el IEO de Milán, se extendió globalmente por sus buenos resultados, aunque

precisa servicio de medicina nuclear y puede haber difusión del radiotrazador.

La ecografía intraoperatoria es un método con buenos resultados, pero requiere experiencia en imagen mamaria, especialmente tras la neoadyuvancia<sup>12</sup>.

El tatuaje con tinta de carbón tiene inconvenientes, como tatuaje residual, dificultad en la localización de lesiones multifocales y profundas y posibles granulomas residuales<sup>13</sup>.

El sistema SAVI-SCOUT® tiene una alta precisión (100%) y ventajas como la medición exacta de la distancia en mm y poco artefacto en RM, aunque el tamaño del reflector y su desactivación con electrocautero son limitaciones. Se ha descrito migración del reflector en contexto de hematomas<sup>16</sup>.

En nuestra experiencia con la semilla ferromagnética, se extirparon todas las lesiones mamarias y semillas, aunque hubo un fallo en la implantación de una semilla, que requirió la colocación de otra, y en 2 casos no se detectó la semilla intraoperatoriamente, probablemente por la profundidad tumoral (> 5 cm), siendo necesario colocar arpones. El fallo en la implantación y la detección se describen en la literatura<sup>27,28</sup>. No se recomienda la implantación a más de 4 cm de profundidad, pero con la práctica, esta limitación se resuelve realizando mayor presión en la piel y el parénquima sabiendo la localización por pruebas de imagen. No hubo migración de la semilla, pero sí ha sido documentada en otros estudios, probablemente durante la escisión tumoral<sup>26</sup>. Todas las semillas fueron implantadas el día anterior o el mismo día de la cirugía.

Se reintervinieron por márgenes afectos a 10 pacientes (11%), cifra similar a la literatura (10–17,2%)<sup>18,6–30</sup>, demostrando la fiabilidad y reproducibilidad de la técnica, no inferior al arpón, con una tasa de reescisión del 16–20%<sup>29,30</sup>.

Para la localización de ganglios axilares, también se ha utilizado el arpón. Plecha et al.<sup>4</sup> lograron extirpar el 97,3% de los ganglios clipados con arpón, mientras que García-Novoa et al.<sup>5</sup> alcanzaron el 100%. Sin embargo, Hartmann et al.<sup>3</sup> solo lograron marcar el 80% con clip y extirpar el 70,8%. Las desventajas incluyen la necesidad de colocación inmediata antes de la intervención<sup>3,4</sup> y la dificultad técnica, incluso para cirujanos experimentados. La semilla ferromagnética, en cambio, ofrece mayor facilidad para el marcaje y menor tiempo quirúrgico<sup>21,7</sup>.

Las semillas radiactivas también se utilizan para localizar adenopatías axilares<sup>1,6</sup>, presentando los inconvenientes comentados anteriormente. Además, deben ser colocadas después de la neoadyuvancia y antes de la intervención quirúrgica, lo que implica que la localización del ganglio que era positivo y ha respondido de forma completa puede ser desafiante y difícil.

La ecografía intraoperatoria tiene una tasa de identificación del 95,7%<sup>11</sup>, pero requiere experiencia en imagen ecográfica.

El sistema SAVI-SCOUT® ha mostrado una tasa de identificación del 100% en ganglios clipados, incluso colocándose antes de la neoadyuvancia<sup>17</sup>, aunque su tamaño puede ser una limitación.

La inyección de radiotrazador en macroagregados en ganglios clipados (técnica A-ROLL) ha mostrado tasas de localización del 87–97,5%<sup>9,10</sup>, pero todavía hay pocos estudios en la literatura.

El tatuaje de ganglios con tinta de carbón es económico y visual, sin clips y posible antes de la neoadyuvancia. Boniface et al.<sup>14</sup> tuvieron una tasa de identificación del 82,6%, mientras Goyal et al.<sup>15</sup> encontraron una tasa de identificación baja en neoadyuvancia (64%).

En nuestra experiencia con Magseed® no hubo dificultades en la implantación axilar y se localizaron todas las semillas y ganglios. En 2 pacientes, la semilla se localizó en la grasa periganglionar y no en el ganglio, posiblemente por desplazamiento del clip tras la terapia sistémica (7%)<sup>21,27,28</sup>. Este problema podría solucionarse colocando la semilla en el ganglio antes de la terapia sistémica. No se ha documentado migración de la semilla cuando se coloca antes de la neoadyuvancia<sup>20,22</sup> y es lo que realizamos en nuestra práctica clínica actualmente. Valoramos la respuesta a la neoadyuvancia mediante RM mamaria y ecografías. Cuando el tumor está muy próximo a la axila y se precisa de marcaje axilar, para evitar el artefacto de la semilla axilar en la RM posterterapia sistémica y que se pueda valorar la respuesta en la mama, se emplea un clip para marcar la adenopatía. La semilla se implanta tras la valoración de la respuesta, antes de la intervención.

No hubo complicaciones posoperatorias relacionadas con el uso de la semilla.

Las principales desventajas de la semilla ferromagnética son el coste, el artefacto en RM, la necesidad de material quirúrgico especial de plástico y la calibración frecuente del sistema<sup>21,26–28</sup>. Sin embargo, las ventajas incluyen incisiones más cosméticas, una trayectoria de disección más directa y mayor eficiencia del quirófano<sup>28</sup>. Además, cuando se implanta de forma independiente al procedimiento quirúrgico, podría reducir la ansiedad de las pacientes al evitar procedimientos invasivos adicionales antes de la cirugía<sup>30</sup>.

Las limitaciones del estudio son su naturaleza retrospectiva y monocéntrica, la falta de análisis comparativo con técnicas similares y un seguimiento relativamente corto. A pesar de esto, se demuestran las ventajas e inconvenientes de la semilla ferromagnética para la localización de lesiones no palpables en mama y axila.

## Conclusiones

La utilización de la semilla ferromagnética Magseed® se presenta como una técnica segura, fiable y con gran aplicabilidad para localizar y facilitar la extirpación de lesiones no palpables tumorales mamarias y de adenopatías axilares, con buenos resultados a corto plazo. Se precisan más estudios para valorar sus resultados a largo plazo.

## Consideraciones éticas

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación Clínica del Hospital Universitario de Gran Canaria Dr. Negrín (Código 2020–333-1).

## Consentimiento informado

Los autores confirman que cuentan con el consentimiento informado de las pacientes.

## Financiación

Los autores declaran que el presente estudio fue financiado recibiendo la Beca Especial de Investigación Dr. González-Jaraba del Colegio Oficial de Médicos de Las Palmas.

## Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Declaración de la IA generativa y las tecnologías asistidas por IA en el proceso de escritura

Durante la preparación de este trabajo los autores utilizaron Gemini Advanced® y Copilot® para la redacción, con el único fin de mejorar la legibilidad, el lenguaje y adecuar la extensión de los apartados originales previamente redactados por los autores. Tras utilizar dichas herramientas, los autores revisaron minuciosamente y editaron el contenido según necesidad, asumiendo la plena responsabilidad del contenido de la publicación.

## Bibliografía

1. Caudle AS, Yang WT, Krishnamurthy S, Mittendorf EA, Black DM, Gilcrease MZ, et al. Improved axillary evaluation following neoadjuvant therapy for patients with node-positive breast cancer using selective evaluation of clipped nodes: Implementation of targeted axillary dissection. *J Clin Oncol.* 2016;34:1072–8.
2. Flores-Funes D, Aguilar-Jiménez J, Martínez-Gálvez M, Ibáñez-Ibáñez MJ, Carrasco-González L, Gil-Izquierdo JI, et al. Validation of the targeted axillary dissection technique in the axillary staging of breast cancer after neoadjuvant therapy: preliminary results. *Surg Oncol.* 2019;30:52–7.
3. Hartmann S, Reimer T, Gerber B, Stubert J, Stengel B, Stachs A. Wire localization of clip-marked axillary lymph nodes in breast cancer patients treated with primary systemic therapy. *Eur J Surg Oncol.* 2018;44:1307–11.
4. Plecha D, Bai S, Patterson H, Thompson C, Shenk R. Improving the accuracy of axillary lymph node surgery in breast cancer with ultrasound-guided wire localization of biopsy proven metastatic lymph nodes. *Ann Surg Oncol.* 2015;22:4241–6.
5. García-Novoa A, Acea-Nebril B, Díaz Carballada C, Bouzón Alejandro A, Conde C, Cereijo Garea C, et al. Combining wire localization of clipped nodes with sentinel lymph node biopsy after neoadjuvant chemotherapy in node-positive breast cancer: preliminary results from a prospective study. *Ann Surg Oncol.* 2021;28:958–67.
6. Donker M, Straver ME, Wesseling J, Loo CE, Schot M, Drukker CA, et al. Marking axillary lymph nodes with radioactive iodine seeds for axillary staging after neoadjuvant systemic treatment in breast cancer patients the Mari procedure. *Ann Surg.* 2015;261:378–82.
7. Gray RJ, Salud C, Nguyen K, Dauway E, Friedland J, Berman C, et al. Randomized prospective evaluation of a novel technique for biopsy or lumpectomy of nonpalpable breast lesions: radioactive seed versus wire localization. *Ann Surg Oncol.* 2001;8(9):711–5. doi:10.1007/S10434-001-0711-3.
8. De Cicco C, Trifirò G, Intra M, Marotta G, Cipriani A, Frasson A, et al. Optimised nuclear medicine method for tumour marking and sentinel node detection in occult primary breast lesions. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2004;31:349–54.
9. Fuertes Manuel J, Kohan S, Jordà Solé M. Patients with initial nodal involvement due to breast cancer who have received neoadjuvant chemotherapy: combined sentinel node-radioguided surgery of the pathological node. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol (Engl Ed).* 2022;41(5):284–91.
10. Rella R, Conti M, Bufo E, Trombadori CML, Di Leone A, Terribile D, et al. Selective axillary dissection after neoadjuvant chemotherapy in patients with lymph-node-positive breast cancer (CLYP Study): the radio-guided occult lesion localization technique for biopsy-proven metastatic lymph nodes. *Cancers (Basel).* 2023;15:2046.
11. Siso C, de Torres J, Esgueva-Colmenarejo A, Espinosa-Bravo M, Rus N, Cordoba O, et al. Intraoperative ultrasound-guided excision of axillary clip in patients with node-positive breast cancer treated with neoadjuvant therapy (ilina trial): a new tool to guide the excision of the clipped node after neoadjuvant treatment. *Ann Surg Oncol.* 2018;25:784–91.
12. Banys-Paluchowski M, Rubio IT, Karadeniz Cakmak G, Esgueva A, Krawczyk N, Paluchowski P, et al. Intraoperative ultrasound-guided excision of non-palpable and palpable breast cancer: systematic review and meta-analysis. *Ultraschall Medizin.* 2022;43:367–79.
13. El-Helou E, Eddy C, Picchia S, Van de Merckt C, Radermecker M, Moreau M, et al. Effectiveness of carbon localization for invasive breast cancer: an institutional experience. *Breast J.* 2023;2023:4082501.
14. de Boniface J, Frisell J, Kühn T, Wiklander-Bråkenhielm I, Dembrower K, Nyman P, et al. False-negative rate in the extended prospective TATTOO trial evaluating targeted axillary dissection by carbon tattooing in clinically node-positive breast cancer patients receiving neoadjuvant systemic therapy. *Breast Cancer Res Treat.* 2022;193:589–95.
15. Goyal A, Puri S, Marshall A, Valassiadou K, Hoosein MM, Carmichael AR, et al. A multicentre prospective feasibility study of carbon dye tattooing of biopsied axillary node and surgical localisation in breast cancer patients. *Breast Cancer Res Treat.* 2021;185:433–40.
16. Mango VL, Wynn RT, Feldman S, Friedlander L, Desperito E, Patel SN, et al. Beyond wires and seeds: reflector-guided breast lesion localization and excision. *Radiology.* 2017;284:365–71.
17. Baker JL, Haji F, Kusske AM, Fischer CP, Hoyt AC, Thompson CK, et al. SAVI SCOUT® localization of metastatic axillary lymph node prior to neoadjuvant chemotherapy for targeted axillary dissection: a pilot study. *Breast Cancer Res Treat.* 2022;191:107–14.
18. Zacharioudakis K, Down S, Bholah Z, Lee S, Khan T, Maxwell AJ, et al. Is the future magnetic? Magseed localisation for non palpable breast cancer. A multi-centre non randomised control study. *Eur J Surg Oncol.* 2019;45:2016–21.
19. Simons JM, Scoggins ME, Kuerer HM, Krishnamurthy S, Yang WT, Sahin AA, et al. Prospective registry trial assessing the use of magnetic seeds to locate clipped nodes after neoadjuvant chemotherapy for breast cancer patients. *Ann Surg Oncol.* 2021;28:4277–83.
20. Reitsamer R, Peintinger F, Forsthuber E, Sir A. The applicability of Magseed® for targeted axillary dissection in breast cancer patients treated with neoadjuvant chemotherapy. *Breast.* 2021;57:113–7.
21. Mariscal Martínez A, Vives Roselló I, Salazar Gómez A, Cataneo A, Pérez Molina M, Solà Suarez M, et al. Advantages of preoperative localization and surgical resection of metastatic axillary lymph nodes using magnetic seeds after neoadjuvant chemotherapy in breast cancer. *Surg Oncol.* 2021;36:28–33.
22. Martínez M, Jiménez S, Guzmán F, Fernández M, Arizaga E, Sanz C. Evaluation of axillary lymph node marking with Magseed® before and after neoadjuvant systemic therapy in breast cancer patients: MAGNET study. *Breast J.* 2022;2022:6111907. doi:10.1155/2022/6111907.
23. Rodriguez Gallo E, Vives I, Alonso I, Caparros FX, Ganau S, Bargallo X, et al. A novel dual technique combining radiotracer and magnetism for restaging axilla after neoadjuvant therapy in

- axillary node-positive breast cancer patients. *J Nucl Med Radiat Ther.* 2018;9:6. doi:[10.4172/2155-9619.1000387](https://doi.org/10.4172/2155-9619.1000387).
- 24. Moreno-Palacios E, Martí C, Frías L, Meléndez M, Loayza A, Roca MJ, et al. Breast-conserving surgery guided with magnetic seeds vs. wires: a single-institution experience. *Cancers (Basel).* 2024;16(3):566. doi:[10.3390/cancers16030566](https://doi.org/10.3390/cancers16030566).
  - 25. Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg.* 2004;240:205–13.
  - 26. Žatecký J, Kubala O, Coufal O, Kepičová M, Faridová A, Rauš K, et al. Magnetic seed (Magseed) localisation in breast cancer surgery: a multicentre clinical trial. *Breast Care.* 2021;16:383–8.
  - 27. McCamley C, Ruyssers N, To H, Tsao S, Keane H, Poliness C, et al. Multicentre evaluation of magnetic technology for localisation of non-palpable breast lesions and targeted axillary nodes. *ANZ J Surg.* 2021;91:2411–7.
  - 28. Miller ME, Patil N, Li P, Freyvogel M, Greenwalt I, Rock L, et al. Hospital system adoption of magnetic seeds for wireless breast and lymph node localization. *Ann Surg Oncol.* 2021;28:3223–9.
  - 29. Gera R, Tayeh S, Al-Reefy S, Mokbel K. Evolving role of Magseed in wireless localization of breast lesions: systematic review and pooled analysis of 1,559 procedures. *Anticancer Res.* 2020;40: 1809–15.
  - 30. Micha AE, Sinnett V, Downey K, Allen S, Bishop B, Hector LR, et al. Patient and clinician satisfaction and clinical outcomes of Magseed compared with wire-guided localisation for impalpable breast lesions. *Breast Cancer.* 2021;28:196–205.